引用格式：雷加强，高鑫，赵永成，等．河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战：风沙形势与防治任务．中国科学院院刊，2023, 38(7): 966-977, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20230709001.
Lei J Q, Gao X, Zhao Y C, et al. The battle on the edge of Hexi Corridor–Taklimakan Desert: Wind-blown sand situation and prevention tasks of desertification control. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(7): 966-977, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20230709001. (in Chinese)

河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战：风沙形势与防治任务

雷加强[1*] 高 鑫[1] 赵永成[1] 杜鹤强[2] 何 清[3] 任宏晶[1,4] 孟晓于[5] 胡子豪[1] 杨佐威[1]

1 中国科学院新疆生态与地理研究所 乌鲁木齐 830011
2 中国科学院西北生态环境资源研究院 兰州 730000
3 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所 乌鲁木齐 830002
4 中国科学院大学 北京 100049
5 河南大学 黄河文明与可持续发展研究中心 郑州 450046

摘要 为落实习近平总书记在加强荒漠化综合防治和推进“三北”等重点生态工程建设座谈会上的重要讲话精神，文章以打好河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战为主要目标，深入开展了河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘风沙形势与防治任务研究工作。依据河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘沙化土地特征和风沙活动形势，以“流沙不再漫延，尘源有效防控”为目标指向，以“防风、阻沙、控尘”为核心课题，确定河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战的思路。通过系统梳理“风、沙、尘”的源区和路径，瞄准沙漠边缘防沙治沙关键带和突出沙害治理重点，提出了河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘防沙治沙重点任务区和重点任务，以期为打好、打赢河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战提供科技支撑。

关键词 河西走廊，塔克拉玛干沙漠，防沙治沙，阻击战，战略区，沙化土地，风沙形势

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20230709001

CSTR 32128.14.CASbulletin.20230709001

2023年6月5—6日，习近平总书记在内蒙古自治区巴彦淖尔市考察，主持召开加强荒漠化综合防治和推进“三北”等重点生态工程建设座谈会并发表重要讲话。习近平总书记从坚持系统观念、突出治理重

*通信作者
资助项目：科学技术部第三次新疆综合科学考察项目（2021xjkk0300），新疆天山英才-科技创新领军人才项目（2022TSYCLJ0002）
修改稿收到日期：2023年7月11日

点、坚持科学治沙等方面，对“三北”地区防沙治沙工作作出重大部署，提出更高要求，为推进新时代防沙治沙工作、筑牢北方生态安全屏障指明了根本方向。习近平总书记指出，要强化区域联防联治，打破行政区域界限，实行沙漠边缘和腹地、上风口和下风口、沙源区和路径区统筹谋划，构建点线面结合的生态防护网络。要全力打好河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战，全面抓好祁连山、天山、阿尔泰山、贺兰山、六盘山等区域天然林草植被的封育封禁保护，加强退化林和退化草原修复，确保沙源不扩散。

河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战的战略区位于我国西北干旱区的核心区域，是古代“丝绸之路”和现代“欧亚大陆桥”的咽喉通道；该区域气候干燥多风，植被覆盖度低，风沙地貌发育，沙漠、戈壁、雅丹占绝对优势。由于沙化土地分布范围广、占地面积大，流动沙地（丘）和严重沙化土地集中连片，该区域是我国最强烈的风沙活动线和最严重的风沙灾害区，也是全力打好防沙治沙三大标志性战役的主战场和筑牢北方生态安全屏障的关键区。

本文针对河西走廊—塔克拉玛干沙漠地区沙化土地和风沙活动特点，以“流沙不再漫延，尘源有效防控”为目标指向，以“防风、阻沙、控尘”为核心课题，通过对“风、沙、尘”时空格局和风沙灾害风险特征系统梳理与分析，从而提出防沙治沙重点任务区和重点任务，以期为打好、打赢河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战提供科学基础。

1 河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区沙漠化状况

1.1 战略区概况

河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区（以下简称“战略区”）主要包括河西走廊地区（甘肃省酒泉市、嘉峪关市、张掖市、武威市、金昌市、白银市西部）和新疆南疆五地州（阿克苏地区、喀什地区、和田地区、巴音郭楞蒙古自治州、克孜勒苏柯尔克孜自治州）（图1）。本研究建议可纳入河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区的总面积约为82.78×10^4 km^2，人口约1 576.57万人，年均降水约97 mm，现有绿洲总面积约10.71×10^4 km^2。

其中，河西走廊位于甘肃省西部，东起古浪峡口，西至甘新交界，南邻祁连山脉，北至内蒙古自治区，东西长约1 000 km，南北最宽处200 km，在27.6×10^4 km^2的国土面积上分布着350.21万人口[1]。河西走廊北部分布有巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠，南部为祁连山脉，地势起伏大。另外，河西走廊气候干旱，降水稀少，多地年降水量不足200 mm，形成荒漠、沙丘与绿洲并存的景观格局。1990—2000年河西走廊绿洲开始迅速扩张，2010年以来增幅仍很明显[2]。

塔克拉玛干沙漠边缘地区地势平坦，四周高山环绕，北接天山，南抵喀喇昆仑山、昆仑山、阿尔金山等山系，和青藏高原连为一体。区内分布有世界第二大流动沙漠——塔克拉玛干沙漠，东西长约1 000 km，南北宽约400 km，面积达33.76×10^4 km^2[3,4]。平均年降水约50 mm，最低仅有数毫米，而平均蒸发量却高达2 500—3 400 mm[3]。极端干旱的气候条件，以及剧烈的风沙活动严重影响着区域内生态环境。

1.2 土地沙漠化分析

以2000—2022年为时间跨度，基于MODIS（中分辨率成像光谱仪）卫星遥感数据提取了战略区的土地沙漠化状况。主要选用土地沙漠化距离指数作为沙漠化评价指标；该指数以修正后的土壤调节植被指数（MSAVI）和反照率（ALBEDO）构建的二维特征空间为基础，以MSAVI最高、ALBEDO最低的点（1,0）为基点来计算所有样本点到该基点的距离，用来表征土地沙漠化程度。本研究选用的MSAVI由MODIS MOD09A1各波段值计算得到，ALBEDO数据来自MODIS MCD43A3反照率产品。

战略区2022年土地沙漠化面积总量约为79.42×

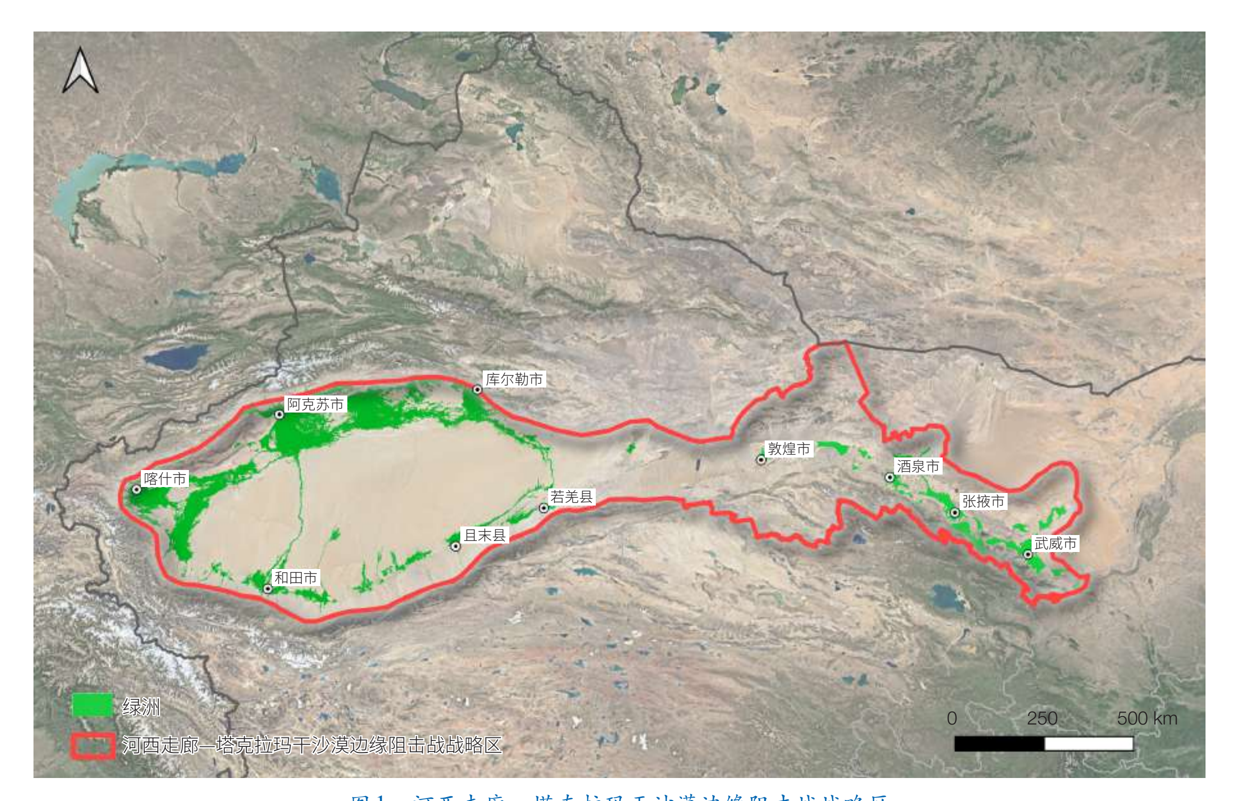


图 1　河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区

Figure 1　Overview of strategic area of Hexi Corridor–Taklimakan Desert edge

10^4 km^2，主要分布在南疆五地州地区，河西走廊地区的分布相对较少。2000—2022年，河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘地区绝大部分地区的沙漠化呈稳定状态，仅有少部分地区发生变化（图2）。沙漠化呈加剧变化的地区约为18 694 km^2，而呈减轻变化的地区约为92 379 km^2。其中，库尔勒西南部、喀什南部、阿拉尔西部及西北部地区的沙漠化显著减轻，总面积约为38 409 km^2；喀什东南部、和田地区、敦煌、嘉峪关、张掖及武威东南部地区的沙漠化呈减轻变化，总面积约为53 970 km^2；而在南疆五地州北部、巴音郭楞蒙古自治州（简称“巴州”）及武威等零星地区的沙漠化显著加剧，总面积约为13 034 km^2。

2 河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区风沙活动形势

2.1 大风作用强度及主要风口区

河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战区域深居内陆，拥有高山与凹陷、盆地相间的特殊地形。受高空400 hPa以下西风环流、低空冬季风、局地环流和上述独特地形影响，境内多峡谷、河谷、隘道等大风区分布，是中国盛行大风地区之一[5]。其大风日数多，持续时间长，风力强，对工农业生产、交通运输和人民生命财产造成极大危害，是我国西北干旱区的主要灾害性天气之一。

合成输沙势（RDP）作为风沙活动的指标可以很好地表征区域风沙环境的特征，并在一定程度上表示区域大风风能特征[6]。根据图3合成输沙势的空间分布并结合实地资料发现，战略区的主要风口有疏勒河谷地—马鬃山风口、帕米尔高原西进气流的下风口（喀什地区西部、克孜勒苏柯尔克孜自治州北部山区）及塔克拉玛干沙漠东灌风风口。

大风高值区位于河西走廊西北部和塔克拉玛干沙漠东部边缘。特殊地形造成的狭管效应是河西走廊大风日多的重要原因。河西走廊疏勒河谷地区南临祁连

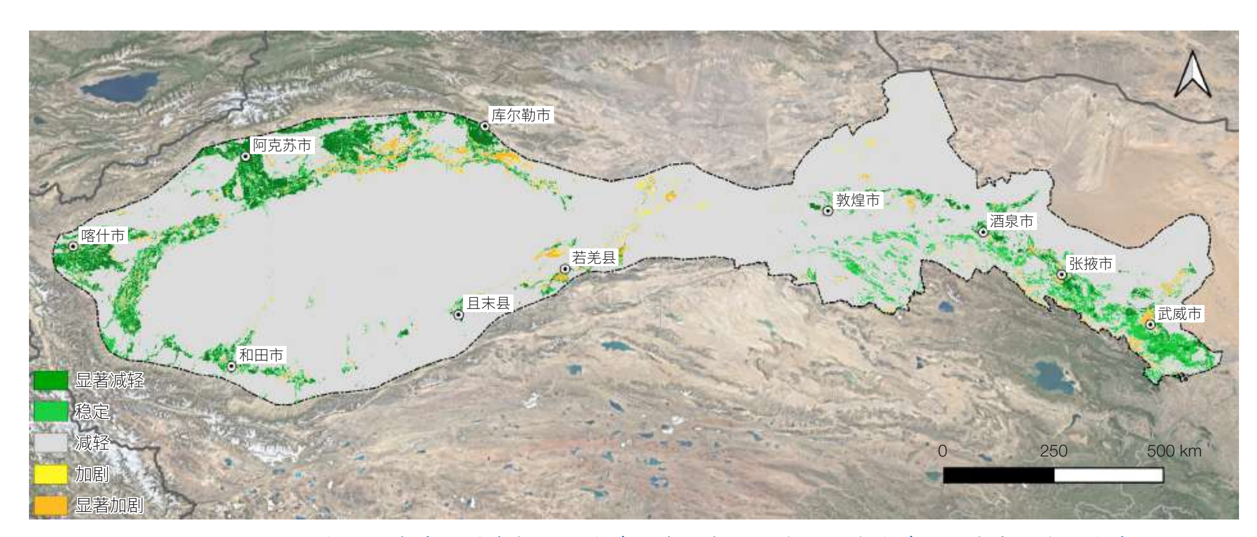


图2　2000—2022年河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区土地沙漠化程度变化空间分布

Figure 2　Change trend of spatial distribution in strategic area of Hexi Corridor−Taklimakan Desert edge from 2000 to 2022

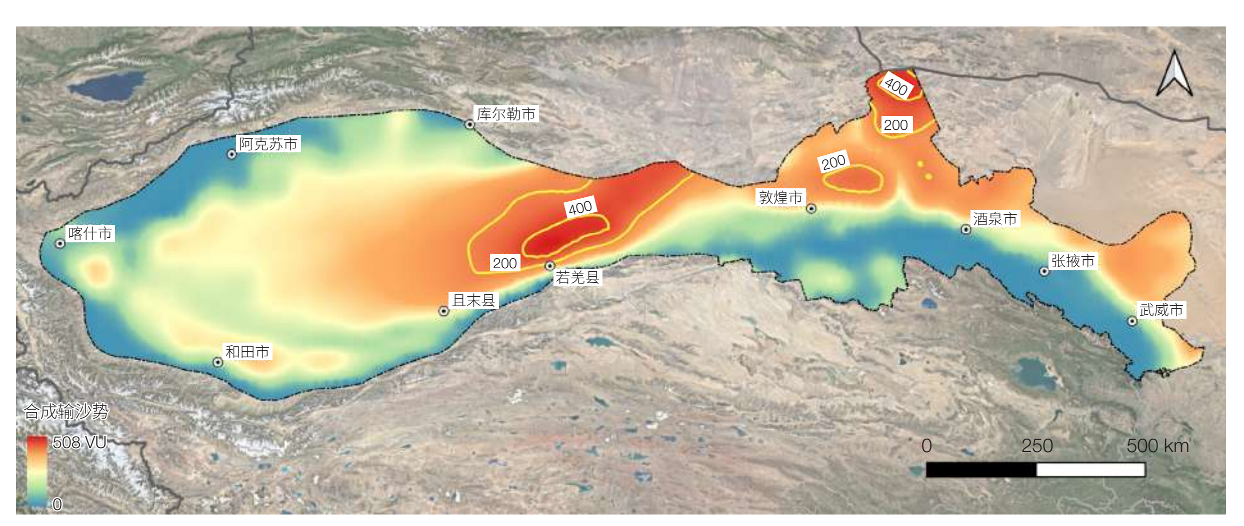


图3　河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区合成输沙势空间分布

Figure 3　Spatial patterns of the resultant drift potential (RDP) in strategic area of Hexi Corridor−Taklimakan Desert edge

山，北有马鬃山，是西北气流和冷空气的入口处，同时由于地形的狭管效应，是除高山外，大风日数最多、最大风速最大、大风持续时间最长的地区，年平均大风日数41.4 d，年最大风速27 m/s；因此，河西走廊西北部是我国著名的风口和“风库”[7]。马鬃山及其周边区域同样表现为大风高值区，为新疆哈密市十三间房大风区的外溢影响区；新疆哈密市十三间房一线大风日数高达209 d，年平均风速高达8.6 m/s。罗布泊—库鲁克塔格沙漠至若羌—喀什地区沿线，年最大风速均超过20 m/s，并长期处于中高风能环境之下，尤其在东灌风风口形成大风高值区。

河西走廊—塔克拉玛干沙漠地区大风作用强度与其地形密切相关；空间分布特征总体表现为，高山区大风多于中、低山区；盆地或凹陷带边缘多于盆地或凹陷带腹地；风速大值区多位于峡谷、河谷、山隙地区。因此，大风作用强度大的区域主要在山地风口或戈壁等沙漠边缘。此外，战略区四季分明，不同季节大风分布差异很大，整体表现为春季最强，夏季次之，秋冬最弱。我国冬季风带来的寒冷干燥气流，对区域影响较大，导致了盛行风向在河西走廊以西北风

为主，而在塔克拉玛干沙漠表现为偏东风（冷空气东灌型）。

2.2 沙丘活动性与沙漠边缘防护缺口

战略区有很多小沙漠和零星沙漠与绿洲镶嵌分布，如库姆塔格沙漠、库鲁克塔格沙漠等。战略区大部分区域被原生沙漠、戈壁所覆盖，流动沙丘占比约70%，是西北地区重要的沙尘策源地。由战略区的输沙势空间分布图可知（图3），除部分风口区域外，战略区输沙势值整体低于200 VU[6]①，因此处于低风能环境。其中，河西走廊敦煌地区北部和塔克拉玛干沙漠东部罗布泊附近、若羌县境内长期处于高风能环境之下，这些区域沙漠边缘的沙丘极为活跃。例如，在紧邻东灌风风口的库鲁克塔格沙漠的新月形沙丘年平均移动距离高达30 m左右。

2.2.1 沙漠边缘绿洲之间风沙通道

*沙漠边缘绿洲之间风沙通道往往是风沙活动活跃区，是流沙入侵和沙丘活化的易发生区。*据不完全统计，河西走廊—塔克拉玛干沙漠地区绿洲风沙防护缺口多达16个，其中河西走廊地区5个，塔克拉玛干沙漠周边11个。河西走廊地区各绿洲整体上呈现零星分布的状态；因此，其绿洲之间的风沙通道分布较广，其中较为显著的包括：敦煌市西部阳关镇—二墩村风沙通道、阳关镇—敦煌市七里镇风沙通道、莫高镇—瓜州镇风沙通道、玉门市—赤金镇风沙通道、玉门市下河清镇—清水镇—明花乡风沙通道。

*塔克拉玛干沙漠地区绿洲之间风沙通道主要分布在塔克拉玛干沙漠西南缘（叶城—皮山县区段）、南缘（昆玉市—若羌县区段）及东缘（新疆生产建设兵团第二师34团以南天然绿洲区和台特玛湖区段）地区约1 400 km的风沙线上。*主要风沙通道包括：叶城县—皮山县戈壁覆盖区，皮山县的阿恰喀什牧场—皮亚勒玛乡戈壁覆盖区，策勒县以西流动沙丘与戈壁覆盖区，于田县以东15 km戈壁覆盖区，于田县以东—民丰县以西戈壁覆盖区，民丰县以东—38团以西戈壁及天然绿洲覆盖区，37团以西戈壁区，瓦石峡镇以西戈壁及流动沙丘区，34团以南218国道沿线天然绿洲分布区，以及台特玛湖—36团的214省道沿线沙质地表、流动沙丘分布区。

2.2.2 沙漠边缘沙丘活化

*受气候变化和人类活动共同影响，沙漠边缘沙丘活化、流沙入侵是战略区的重要风沙危害形式。*其中，人类不合理的土地开发利用是诱发沙漠变化，固定、半固定沙丘活化的主要原因。

在河西走廊地区，自东部的民勤县、金昌市、武威市，中部的高台县（罗城镇、黑泉镇、宣化镇、骆驼镇）、玉门市东北缘，至西部瓜州县以东绿洲外围，均存在流沙入侵、植被退化、固定和半固定沙丘活化的风险，绿洲防护林网亟须进行提质增效；其中，尤其以民勤县周边、高台县北部乡镇和临泽县北缘较为严重。此外，人类对荒漠绿洲过渡带不合理的开发利用致使绿洲防护林网出现缺口，给流沙入侵和沙丘活化创造了条件。

在环塔克拉玛干沙漠周边区域，仍然分布有大量已退化的荒漠绿洲过渡带/零星沙漠。例如，莎车县—喀什市—图木舒克市的绿洲三角洲，分布有喀什市西缘的冲积扇平原过渡带、伽师县—麦盖提县的两大零星沙漠与绿洲过渡带、图木舒克市—巴楚县以北的沙漠绿洲过渡带。这些区域紧邻盆地西风口下风向，区内以固定、半固定沙丘或戈壁为主。受气候变化和人类活动的影响，上述过渡带土壤植被退化风险较高。

在阿克苏地区及巴州部分县市，如图木舒克—阿瓦提荒漠区段、阿拉尔沙漠前缘区段和库车—轮台—铁门关南缘荒漠区段，存在绿洲外围防护林体系老化严重、荒漠绿洲过渡带植被退化严重等问题。

① VU是表征输沙势的单位，小于200 VU被定义为低风能环境。

除上述问题外，南疆盆地也存在绿洲扩张的问题，扩张的主要形式为荒漠绿洲过渡带的开垦；主要区域包括新疆生产建设兵团新建团场，如第十四师昆玉市、第二师37和38团、第一师阿拉尔市北缘团场。

除上述区域外，位于塔克拉玛干沙漠西缘、南缘和东缘的区域，绿洲之间普遍存在诸多风沙防护缺口。

2.3 沙尘源区及传输路径

河西走廊—塔克拉玛干沙漠地区沙尘暴的地理分布特点是塔克拉玛干边缘地区明显高于其他地区。1970—2007年，塔克拉玛干沙漠周边的民丰县和柯坪县沙尘暴发生频率最高，沙尘暴年均发生天数分别为36.92 d和28.16 d；其次是甘肃的民勤县，沙尘暴年均发生天数为26.21 d[8]。在发生时间上，塔克拉玛干沙漠周边沙尘暴主要发生在每年4—8月，河西走廊地区的沙尘暴则主要出现在每年3—5月。塔克拉玛干沙漠南缘沙尘暴持续时间最长，最长可达10—26 h，河西走廊地区最长为6—12 h[9]。近50年来，我国北方沙尘暴发生频率总体呈显著下降趋势[10]；但自2020年以来，沙尘暴发生频率有所上升。尤其，2023年春季沙尘暴发生频率为近10年同期最多[11]。

2000—2020年，年均沙尘释放率为0—3 275 g/m^2（图4），其中沙尘释放率最高的区域主要分布在塔克拉玛干沙漠的东缘、东南缘和罗布泊的边缘地带；其次为河西走廊石羊河、黑河和疏勒河三大内陆河下游地区，如肃北、瓜州、金塔和民勤等区域。战略区年均沙尘释放总量为1.14×10^8 t，占整个东亚地区沙尘释放总量的60%以上[12,13]。其中，塔克拉玛干沙漠沙尘释放量为全战略区最高，每年约0.63×10^8 t，占全战略区沙尘释放总量的55%。2023年春季我国沙尘天气事件频发；对2023年3—4月东亚春季沙尘暴事件的起沙量和源区贡献率进行定量研究发现，塔克拉玛干沙漠的平均贡献约为26%[11]。

塔克拉玛干沙漠春季沙尘迁移路径主要有3条：来自西天山、帕米尔高原地区的冷空气从西侧进入塔里木盆地，来自北路的冷空气翻越天山（翻山）进入

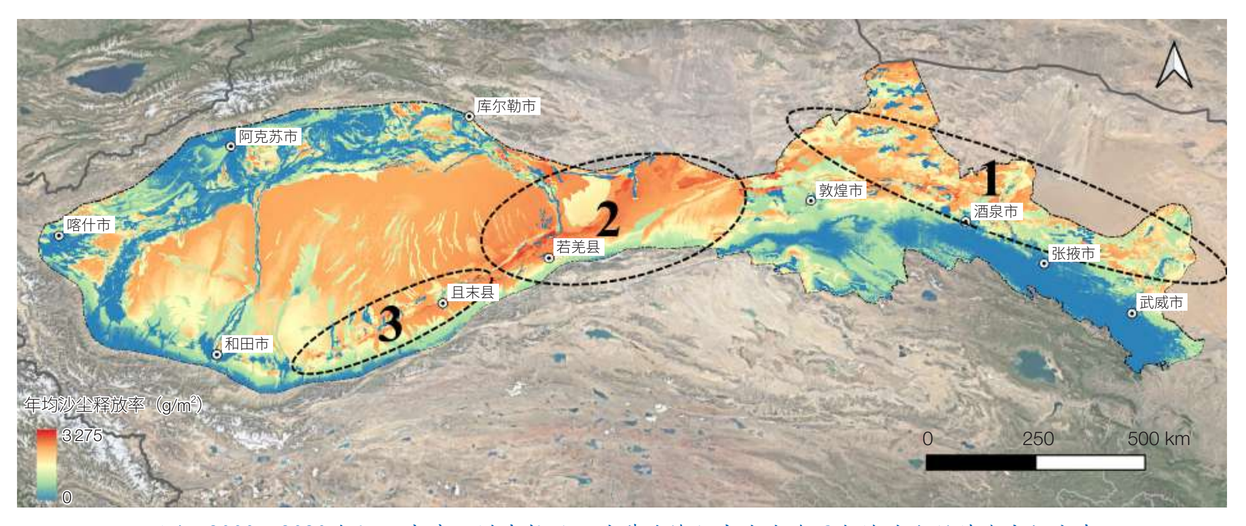


图4　2000—2020年河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区年均沙尘释放率空间分布

Figure 4　Spatial distribution of annual average dust emission rate areas in strategic area of Hexi Corridor–Taklimakan Desert edge from 2000 to 2020

1，河西走廊内陆河中下游沙尘源地；2，塔克拉玛干沙漠东缘及罗布泊周边地区沙尘源地；3，塔克拉玛干沙漠南缘沙尘源地

1, The middle and lower reaches of inland river in Hexi Corridor; 2, Dust sources in the eastern margin of Taklimakan Desert and surrounding areas of Lop Nur; 3, Dust source of the southern margin of Taklimakan Desert

盆地，以及来自东路的强冷空气进入盆地东北口。较强的东灌气流携带大量沙尘，驱动来自西路和北路的2股弱沙尘带向盆地西南部输送；受塔里木盆地南部青藏高原地形阻挡，沙尘沿高原北坡抬升至高原主体，进而向河西走廊地区迁移[14]。来自塔克拉玛干沙漠和库姆塔格沙漠的沙尘，进入河西走廊地区后，叠加河西走廊地区来自瓜州、玉门等戈壁地区及巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠的沙尘，在河西走廊“狭管效应”作用下，继续向东迁移，进而影响黄土高原、华北平原。强沙尘暴事件甚至能够影响长江流域的武汉、长沙、杭州、上海等地[11]。

3 河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区风沙灾害风险

风沙灾害是风沙活动或者风沙现象造成的灾害，影响人类生活环境和经济社会发展的重要气象灾害[15]。风沙灾害主要以土壤风蚀、沙埋、沙丘侵蚀和空气污染的形式发生，对沙漠及其周边地区的居民构成重大威胁。河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘地区风沙活动强烈，以风沙流滞留积沙、流动性沙丘前移为主要表现形式的流沙入侵危害极为普遍，对绿洲农田、城镇乡村、工矿基地及生态环境造成严重危害和威胁。同时，河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘地区沙尘天气频繁，空气污染严重，土壤风蚀导致土地生产力下降。

2000—2020年，战略区风沙灾害风险整体处于下降趋势，极高风险性面积占比由12.7%下降到8.0%。至2020年，战略区风沙灾害风险的空间分布格局是沙漠边缘绿洲地区的风险等级显著高于沙漠腹地（图5）。在自然环境脆弱且人类活动密集的沙漠边缘绿洲地区，风沙致灾因子极易给该地区的承灾体造成破坏，导致风沙灾害风险极高。塔克拉玛干沙漠边缘地区的风沙灾害高和极高风险区广泛分布于环沙漠边缘绿洲，以及深入沙漠腹地的和田河和克里雅河流域。河西走廊的风沙灾害高和极高风险区主要分布于巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠西南缘绿洲。同时，在经济活动和人口密度高的地区，风沙致灾因子水平略有上升，造成重大经济损失风险显著提高。因此，战略区的主要城市均暴露于风沙灾害高和极高风险区。

4 河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战重点任务

4.1 沙漠边缘阻击战思路

全力打好河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击

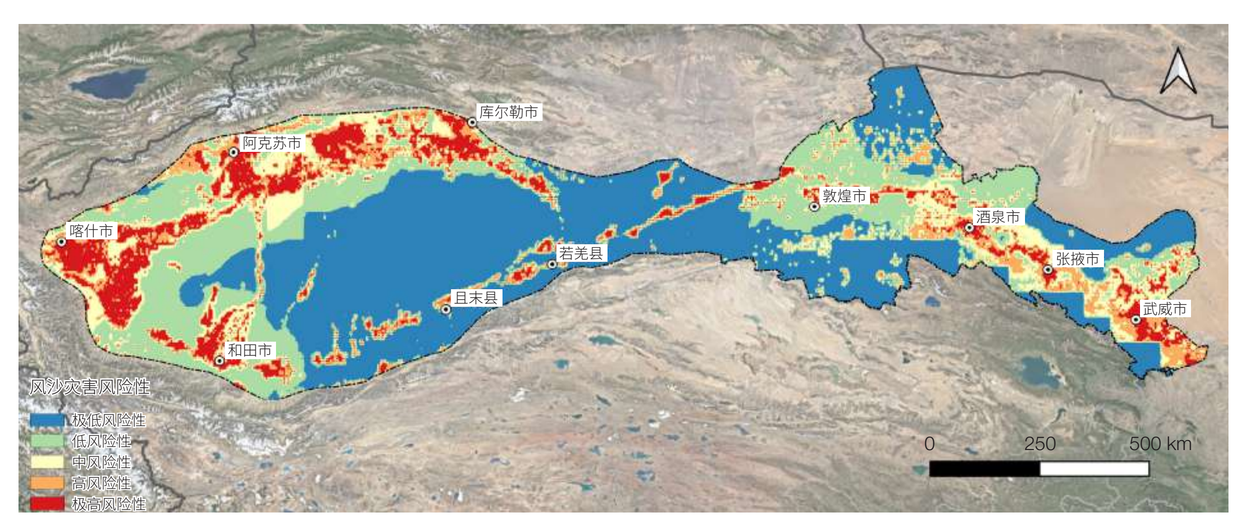


图5 2020年河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区风沙灾害风险的空间分布

Figure 5 Spatial distribution of wind and sand disaster risk in strategic area of Hexi Corridor–Taklimakan Desert edge in 2020

战，是一项系统工程，涉及资源、环境、社会、经济等各领域协调与统筹，既要落实新时代防沙治沙总体要求，也要突出干旱区生态地理特色：① 要坚持系统观念，系统梳理“风、沙、尘”的源区和路径；② 要突出治理重点，聚焦瞄准沙漠边缘关键带；③ 要坚持科学治沙，统筹谋划“防风、阻沙、控尘”一体化治理。

依据河西走廊—塔克拉玛干沙漠地区“风、沙、尘”的时空格局，结合区域沙漠化土地空间分布特征和风沙灾害风险评估，以“流沙不再漫延，尘源有效防控”为目标指向，以“防风、阻沙、控尘”为核心课题，确定河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战的思路（图6）。通过识别区域风口、大风作用强度和通道，以及流沙外侵方式和绿洲风沙防护缺口，突出重点治理区域，将塔克拉玛干沙漠、腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠边缘绿洲之间风沙防护缺口作为治理的重点区域；通过粉尘释放源区划定和传输路径追踪，重点控制主要尘源地的风蚀。目前，本文圈定了河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战的4个重点任务区和15大任务（图7）。重点任务：① 通过沙漠边缘的林草植被建设，确保流沙不向绿洲方向侵入；② 通过尘源地的封禁保护和植被修复，确保粉尘释放得到有效控制。构筑“点线面结合、多廊多屏交织、保防治用全链条”的河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战的主体框架。



图6　河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战核心思路

Figure 6　Key idea of desertification control battle in strategic area of Hexi Corridor–Taklimakan Desert edge

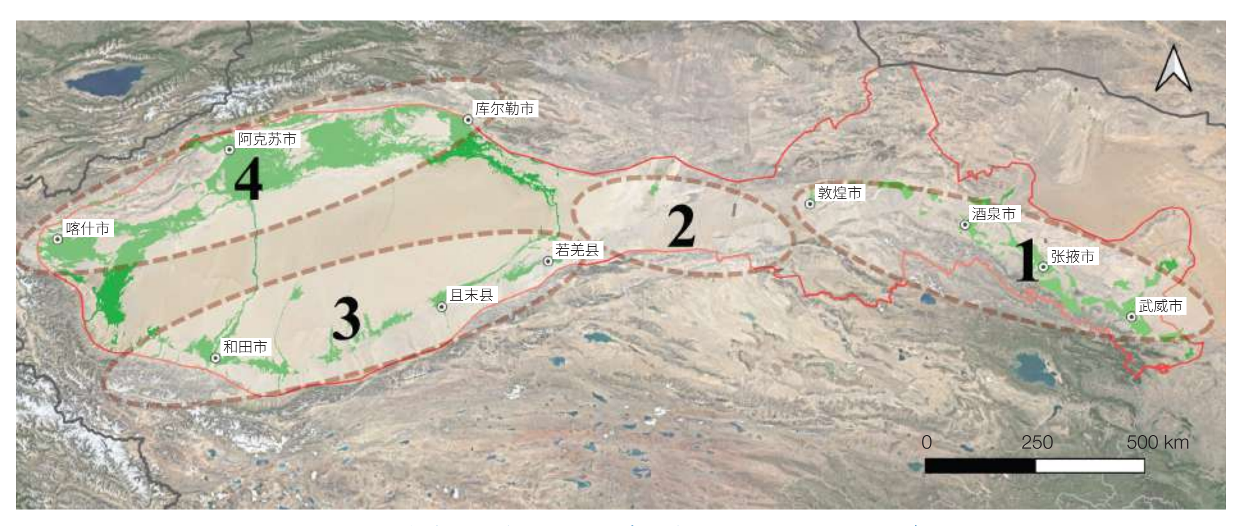


图7　河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区重点任务区

Figure 7　Key areas of desertification control battle in strategic area of Hexi Corridor–Taklimakan Desert edge

1，河西走廊绿洲阻沙固沙重点任务区；2，库姆塔格沙漠—罗布泊风蚀尘源控制重点任务区；3，塔克拉玛干沙漠南缘防风阻沙重点任务区；4，塔里木河荒漠河岸植被保育重点任务区

1, Key task area of sand prevention and fixation in oasis of Hexi Corridor; 2, Key task area of wind-erosion dust source control in Kumtag Desert–Lop Nor; 3, Key task area of wind and sand prevention on the southern edge of Taklimakan Desert; 4, Key task area of vegetation conservation on desert riverbank in Tarim River

此外，由于战略区整体上沙源丰富、风力强劲，频发的风沙活动严重威胁到基础设施的安全运营。基于区域风沙环境类型复杂、空间差异大的客观状况，因地制宜地设置防沙治沙工程措施是当前统筹规划的重点与难点。为保障基础设施能够长久持续地发挥效能，应掌握区域风沙环境的主要矛盾，在“因害设防”的指导思想下，制定防沙治沙的具体措施。具体到每个重点任务区有2个方面的具体工程需要开展：① 绿洲防护体系提质增效工程；② 重大基础设施与工矿区防护工程。

4.2 沙漠边缘阻击战重点任务

4.2.1 河西走廊绿洲阻沙固沙重点任务区

河西走廊绿洲阻沙固沙带是由绿洲及周边防护林和外围封育保护带构成，主要沿河西走廊三大内陆河（石羊河、黑河和疏勒河）成带状分布，总面积约30 000 km^2（包括绿洲21 400 km^2和荒漠绿洲过渡带9 000 km^2）；其在阻挡风沙入侵、维持绿洲生态系统稳定、保障河西走廊地区粮食安全等方面发挥着关键作用，是我国“两屏三带”中北方防沙带的重要组成部分。

近年来，随着河西走廊绿洲的急剧扩张，水资源供需矛盾日益凸显，地下水位下降，绿洲生态系统稳定性降低，土地荒漠化风险加剧，且河西走廊绿洲的扩张主要是以将荒漠绿洲过渡带（阻沙带）开垦成农田的方式进行，破坏了过渡带的稳定性，进一步增加了流沙入侵的风险。

河西走廊绿洲阻沙固沙重点任务区的主要任务应包括：① 河西走廊绿洲稳定性提升；② 绿洲边缘阻沙带功能优化；③ 绿洲外围荒漠“雨养植被”区封育。

4.2.2 库姆塔格沙漠—罗布泊风蚀尘源控制重点任务区

库姆塔格沙漠—罗布泊风蚀尘源控制重点任务区南靠阿尔金山，北至北山，西临库鲁克沙漠，东接西湖湿地。任务区绝大部分属若羌县，东部区域属敦煌市，而东南部分区域属阿克塞哈萨克族自治县。东西长约360 km。土地类型以沙漠、戈壁和盐碱地为主。

库姆塔格沙漠—罗布泊周边风蚀尘源所导致的风沙危害主要以戈壁风沙流为主，如敦煌莫高窟的风沙危害。此外，由于罗布泊地区近年来发现的大量钾盐、煤炭等矿藏，并为其修建了大量公路、铁路等基础设施，使得道路风沙危害问题日益严重。尘源地东部紧邻敦煌绿洲，包含月牙泉、鸣沙山和雅丹地质公园等诸多自然保护区和灌溉绿洲。当前，日益短缺的水资源、加剧的风蚀活动、大量的粉尘扩散等一系列风沙危害严重威胁着该区域的生态环境。

库姆塔格沙漠—罗布泊风蚀尘源控制重点任务区主要任务包括：① 戈壁风蚀尘源地保护与荒漠生态系统管理；② 重大基础设施与工矿区防风体系构建。

4.2.3 塔克拉玛干沙漠南缘防风阻沙重点任务区

塔克拉玛干沙漠南缘防风阻沙重点任务区，东起若羌，西至皮山，涉及巴州的若羌县、且末县和和田地区等7县1市，东西长约1 200 km。土地类型以沙漠、戈壁、荒草地、人工绿洲、盐碱地为主。

塔里木盆地南缘是我国风沙活动强烈区和主要沙尘策源地，被喻为新疆著名的“千里风沙线”，绿洲呈佛珠状分布并镶嵌在风沙线上。随着人口增长和社会生产力水平的提升，人工绿洲（耕地）不断扩大，绿洲防护体系趋向完善。然而，由于该区荒漠绿洲过渡带多被垦蚀，风沙危害剧增，特别是绿洲之间风沙防护缺口成为沙漠边缘流沙外侵的主要通道。该区沙化土地流动性大、程度严重、风沙灾害风险极高。

塔克拉玛干沙漠南缘防风阻沙重点任务区的主要任务包括：① 荒漠绿洲过渡带植被修复与重建；② 沙漠边缘绿洲之间风沙防护缺口防风阻沙；③ 绿洲外围防护体系结构优化与功能提升；④ 沙漠边缘暂不宜治理的沙化土地封禁保护。

4.2.4 塔里木河荒漠河岸植被保育重点任务区

塔里木河荒漠河岸植被保育重点任务区西起帕米尔高原西进气流的下风口，包括叶尔羌河、喀什噶尔河、盖孜河等河流的中下游绿洲区，经过肖夹克/阿拉尔、新渠满、英巴扎，中游乌斯曼、阿奇克和下游恰拉、英苏、阿拉干至台特玛湖。喀什—莎车—图木舒克三角洲位于帕米尔高原西进气流的下风口，是风沙、盐渍化和人为扰动等多重因素强烈影响的区域；而塔里木河干流风蚀尘源地主要分布在塔里木河平原上。土地类型以沙漠、戈壁、绿洲、荒草地、盐碱地为主。

塔里木河干流中上游属于游荡性河流，早期摆动范围广，形成了广泛分布的河道。随上游水库建设和生产用水导致水量减小，河流洪泛减弱，河道摆动能量显著下降，胡杨林衰败，形成干涸裸露河床，成为重要的沙尘源地。下游虽然近20年来实施了生态应急输水，生态廊道功能得到明显恢复，但由于前期断流导致大幅下降的地下水位恢复缓慢，绿洲廊道生态仍然十分脆弱。受东灌风的作用，该地段是盆地风沙活动最强劲的地区之一。

塔里木河荒漠河岸植被保育重点任务区的主要任务包括：① 塔里木河干流河道漫溢-沟汊渗灌胡杨林植被恢复；② 干涸裸露河床、湖滨土壤风蚀控制；③ 塔里木河下游集中连片的沙化土地封禁保护区；④ 塔里木河下游河流-湖泊-道路一体化防护体系；⑤ 绿洲防护体系结构优化与功能提升；⑥ 盐渍化低产田改良与盐碱地综合治理。

参考文献

1 赵文智, 任珩, 杜军, 等. 河西走廊绿洲生态建设和农业发展的若干思考与建议. 中国科学院院刊, 2023, 38(3): 424-434.
Zhao W Z, Ren H, Du J, et al. Thoughts and suggestions on oasis ecological construction and agricultural development in Hexi Corridor. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(3): 424-434. (in Chinese)

2 孙钦珂, 周亮, 唐相龙, 等. 干旱区绿洲城镇扩张对耕地空间影响及预测——以河西走廊区域为例. 自然资源学报, 2021, 36(4): 1008-1020.
Sun Q K, Zhou L, Tang X L, et al. Spatial influence and prediction of oasis urban expansion on cultivated land in arid areas: A case study of the Hexi Corridor. Journal of Natural Resources, 2021, 36(4): 1008-1020. (in Chinese)

3 朱震达, 陈治平, 吴正, 等. 塔克拉玛干沙漠风沙地貌研究. 北京: 科学出版社, 1981.
Zhu Z D, Chen Z P, Wu Z, et al. Aeolian Landforms in the Taklimakan Desert. Beijing: Science Press, 1981. (in Chinese)

4 中国科学院新疆综合考察队. 新疆地貌. 北京: 科学出版社, 1978.
Chinese Academy of Sciences Xinjiang Comprehensive Expedition Team. Xinjiang Landforms. Beijing: Science Press, 1978. (in Chinese)

5 李江风. 塔克拉玛干沙漠和周边山区天气气候. 北京: 科学出版社, 2003.
Li J F. Weather and Climate in the Taklamakan Desert and Surrounding Mountains. Beijing: Science Press, 2003. (in Chinese)

6 Fryberger S G, Dean G. Dune forms and wind regime// McKee E D, ed. A Study of Global Sand Seas. Washington DC: Geological Survey and United States National Aeronautics and Space Administration, 1979: 137-170.

7 董安祥, 胡文超, 张宇, 等. 河西走廊特殊地形与大风的关系探讨. 冰川冻土, 2014, 36(2): 347-351.
Dong A X, Hu W C, Zhang Y, et al. Study of the relationship between gale and the peculiar terrain in the Hexi Corridor. Journal of Glaciology and Geocryology, 2014, 36(2): 347-351. (in Chinese)

8 Guan Q Y, Sun X Z, Yang J, et al. Dust storms in Northern China: Long-term spatiotemporal characteristics and climate controls. Journal of Climate, 2017, 30(17): 6683-6700.

9 Qian W H, Quan L S, Shi S Y. Variations of the dust storm in China and its climatic control. Journal of Climate, 2002, 15 (10): 1216-1229.

10 王式功，董光荣，陈惠忠，等．沙尘暴研究的进展．中国沙漠, 2000, 20(4): 349-356.
Wang S G, Dong G R, Chen H Z, et al. Advances in studying sand-dust storms of China. Journal of Desert Research, 2000, 20(4): 349-356. (in Chinese)

11 Chen S Y, Zhao D, Huang J P, et al. Mongolia contributed more than 42% of the dust concentrations in Northern China in March and April 2023. Advances in Atmospheric Sciences, 2023, doi: 10.1007/s00376-023-3062-1.

12 Du H Q, Wang T, Xue X, et al. Modelling of sand/dust emission in Northern China from 2001 to 2014. Geoderma, 2018, 330: 162-176.

13 Song H Q, Zhang K S, Piao S L, et al. Soil organic carbon and nutrient losses resulted from spring dust emissions in Northern China. Atmospheric Environment, 2019, 213: 585-596.

14 Guan Q Y, Luo H P, Pan N H, et al. Contribution of dust in Northern China to PM_{10} concentrations over the Hexi Corridor. Science of the Total Environment, 2019, 660: 947-958.

15 高尚玉，史培军，哈斯，等．我国北方风沙灾害加剧的成因及其发展趋势．自然灾害学报, 2000, 9(3): 31-37.
Gao S Y, Shi P J, Ha S, et al. Causes of rapid expansion of blown-sand disaster and long-term trend of desertification in Northern China. Journal of Natural Disasters, 2000, 9(3): 31-37. (in Chinese)

The battle on the edge of Hexi Corridor–Taklimakan Desert: Wind-blown sand situation and prevention tasks of desertification control

LEI Jiaqiang[1*] GAO Xin[1] ZHAO Yongcheng[1] DU Heqiang[2] HE Qing[3] REN Hongjing[1,4]
MENG Xiaoyu[5] HU Zihao[1] YANG Zuowei[1]

（1 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China;
2 Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;
3 Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China;
4 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
5 Key Research Institute of Yellow River Civilization and Sustainable Development, Henan University, Zhengzhou 450046, China）

Abstract In order to implement the spirit of General Secretary Xi Jinping's important speech on strengthening the comprehensive control of desertification and promoting key ecological engineering projects such as the “Three-North Shelterbelt Program”, this study is designated to make concrete efforts to win the battle against desertification on the edge of Hexi Corridor–Taklimakan Desert. The study deeply explores the situation of wind-blown sand flux and prevention tasks in the area. Based on the characteristics of desertified land and wind-blown sand activities on the edge of Hexi Corridor–Taklimakan Desert, the goal is set to effectively prevent the spread of sand and control dust sources. The core focus is on wind prevention, sand resistance, and dust control. The strategic thinking has been formulated for the counterattack battle on the edge of Hexi Corridor–Taklimakan Desert. By systematically analyzing the source areas and paths of “wind, sand, and dust” and targeting the key zones of the desert edge and areas requiring prevention, the key areas and tasks are proposed for desertification control on the edge of the Hexi Corridor–Taklimakan Desert, so as to provide scientific and technological support for winning the battle against desertification on the edge of Hexi Corridor–Taklimakan Desert.

*Corresponding author

Keywords Hexi Corridor, Taklimakan Desert, desertification combating, battle, strategic area, desertified land, wind-blown sand situation

雷加强　　中国科学院新疆生态与地理研究所研究员、博士生导师，"一带一路"国际科学组织联盟-荒漠化防治联盟主任，干旱区防沙治沙与沙产业国家创新联盟理事长。主要从事风沙环境与防沙治沙研究。E-mail: leijq@ms.xjb.ac.cn

LEI Jiaqiang　　Professor and Ph. D. Supervisor of Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences (CAS). Director of ANSO-Association for Combating Desertification (ANSO-ACD) and Director of the National Innovation Alliance of Sand Control and Desert Industry in Arid Areas. He is primarily engaged in the research of aeolian environment and desertification combating. E-mail: leijq@ms.xjb.ac.cn

■责任编辑：岳凌生